



# El reactor nuclear

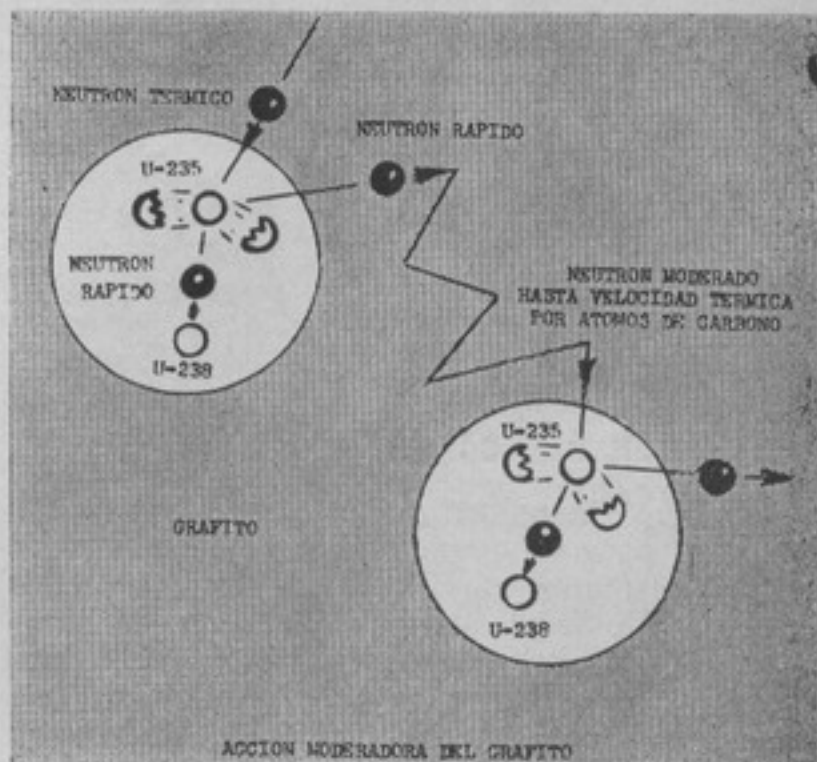
El Padre Ricardo J. Cocito viene publicando una serie de notas sobre el tema nuclear, en las que poco a poco a ido introduciendo al lector en la terminología y pormenores técnicos de tan complejo problema. En el presente artículo entra más profundamente en la descripción del Reactor Nuclear y sus distintos tipos.

La cantidad de calor producida por el combustible nuclear es fantásticamente grande comparada con la obtenible a partir del combustible fósil, carbón o petróleo. La fisión de los núcleos contenidos en un gramo de U-235 desarrolla tanto calor como la combustión de unas 21 toneladas de carbón.

Como anotábamos en el número anterior, para obtener energía nuclear en cantidad suficiente para uso práctico es necesario lograr el mantenimiento de la reacción en cadena. Una vez iniciada la cadena por el encuentro de un neutrón con un átomo de U-235, para mantenerla los dos o tres neutrones procedentes de la primera fisión han de hallarse en condiciones de ocasionar otras fisiones. No las provocarán, empero, a no ser que sea reducida la velocidad con que son emitidos, pues tan sólo los neutrones lentos son capaces de ser atrapados por los núcleos de U-235 efectuándose la fisión. La velocidad conveniente ha de ser casi la misma que la de las moléculas a la temperatura ambiente, por lo cual se les denomina "neutrones térmicos". La reducción de velocidad puede ser conseguida por medio de sucesivos choques entre los neutrones rápidos y un cierto material especial que no los absorba. A éste se le denomina "moderado", habiendo sido grafito el primero en ser empleado. Para lograr esto se fabrican barras de uranio y se las ensambla con el material moderador, quedando como embutidas dentro del mismo. Si la distancia entre las barras de uranio ha sido convenientemente calculada los neutrones, después de zigzaguear en el moderador hasta devenir térmicos, llegarán a otra barra donde el encuentro con un núcleo de U-235 es sumamente probable y la consiguiente fisión.

Si todos los neutrones provenientes de fisiones anteriores siguieran ese mismo proceso la cadena se iría abriendo en abanico aumentando el nú-

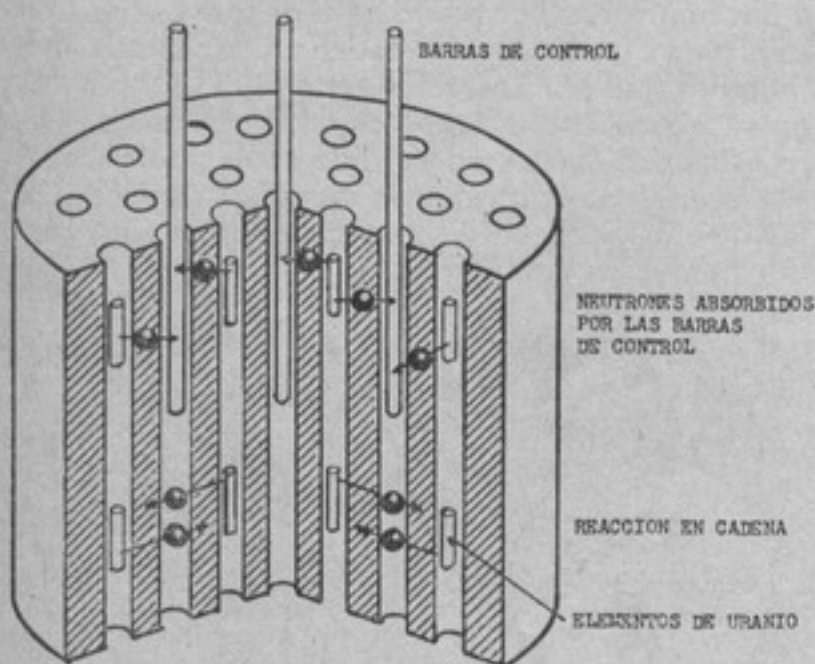
mero de fisiones, y consiguientemente la energía, en forma geométrica vertiginosamente, y el calor desarrollado fundiría todo el conjunto. Por otra parte, se desea el crecimiento de la cadena hasta que alcance la potencia deseada, pero no más! A partir de este instante las sucesivas generaciones de neutrones no han de aumentar ni disminuir. Para lo cual es necesario liquidar uno o dos neutrones por fisión a fin de que quede uno solo para continuar una cadena estacionaria. Ya sabemos que por absorción en el U-238 y por fuga se pierde cierta proporción de neutrones. Pero estas dos causas de pérdida son estables, permanecen fijas dado que la cantidad de U-238 y las dimensiones, de las que depende la fuga, están fijadas de antemano.



Para poder variar a discreción la relativa cantidad de neutrones perdidos se hace necesario el empleo de otro dispositivo adecuado a tal objeto, son las **barras de control**. Estas están constituidas por un material altamente ávido de neutrones, cadmio o boro, y pueden ser introducidas más o menos en el conjunto formado por el combustible nuclear y el moderador. El complejo de esos tres elementos esenciales se denomina **núcleo del reactor**.

## PUESTA EN MARCHA

Antes de iniciarse la operación del reactor atómico (mejor sería llamarlo "nuclear") las barras de control están completamente sumergidas de tal modo que impidan la reacción en cadena, pues absorben la inmensa mayoría de los neutrones. A medida que se van retirando va creciendo la potencia del reactor pues disminuye el número de los neutrones absorbidos por las barras, aumentando consiguientemente el número de los neutrones libres para provocar la fisión deseada. Se continúa retirando las barras hasta alcanzar la potencia fijada, en que las barras quedan también fijas parcialmente introducidas. Si los cálculos han sido correctos se logra el deseado estado crítico. Si debido a fallas de cálculo u otro motivo imprevisto ocurre algún accidente de modo que la temperatura tiende a aumentar sobre el tope fijado, un dispositivo automático introduce instantáneamente y a fondo las barras de control, dejando al reactor fuera de operación.



## TRASMISION DEL CALOR

La energía generada por este modo ha de ser removida para su empleo. Esto se lleva a cabo bien simplemente como lo indica el esquema adjunto. Un fluido refrigerante, líquido o gas, bombeado a través del núcleo del reactor, lugar donde se produce el calor, se pone en contacto con las camisas metálicas, protectoras de las barras de uranio para evitar la corrosión del mismo, y absorbe el calor producido por la fisión del uranio. El fluido así calentado se hace pasar a través de un intercambiador de calor, donde el calor es absorbido por agua fría, convirtiéndose ésta en vapor a presión. Este vapor es conducido a las turbinas que arrastran los generadores de electricidad.

¿Por qué no usar el fluido caliente, agua evaporada por ejemplo, proveniente del reactor pa-

(Ver ilustración página siguiente)

ra operar directamente sobre las turbinas con el consiguiente ahorro del intercambiador de calor? Aquí va la razón. Al pasar el fluido refrigerante por entre el uranio sus átomos son bombardeados por los neutrones transformándose en radioactivo. Si en esas condiciones se enviara a las turbinas correrían peligro los obreros adyacentes. Esta razón, la probabilidad de radiaciones dañinas, aconseja aislar al reactor del resto de la usina. Se le rodea de un muro-pantalla de hormigón armado, cuyo espesor es de un metro.

Por todo lo dicho se desprende que la mole del reactor alcanza grandes dimensiones, digamos como de una casa. Así se comprende que la aplicación a otros usos no sea fácil. Hasta ahora se ha extendido tan solo a barcos y submarinos. Se experimenta en la actualidad para aviones y el progreso técnico podría inclusive facilitar su empleo en los automóviles, pero por ahora esa meta se halla lejana.

Un aspecto nuevo de esta máquina consiste que a la par que va consumiendo el combustible nuclear puede "criar" otro. Aquí no se verifica el adagio de que "no se puede comer la torta y al mismo tiempo tenerla". Se denomina "reactor criador". Para lograr esto se coloca U-238 a modo de pared alrededor del moderador. El U-238 absorbe neutrones convirtiéndose en U-239, que es radioactivo y emite sucesivamente dos partículas beta o electrones. Esos dos electrones son el resultado de la conversión de dos neutrones del U-239 en sendos protones y electrones, con lo cual el núcleo de U-239 ha perdido dos neutrones y ganado dos protones, transformándose en un núcleo de plutonio 239 (Pu-239). Ahora bien, el Pu-239, que no existe en la naturaleza, es un excelente combustible nuclear, con ciertas ventajas sobre el U-235, una de las principales reside en que el Pu-239 fisiona capturando neutrones rápidos, de modo que el reactor alimentado con el mismo no necesita moderador, con lo cual quedan reducidas en buena proporción las dimensiones.

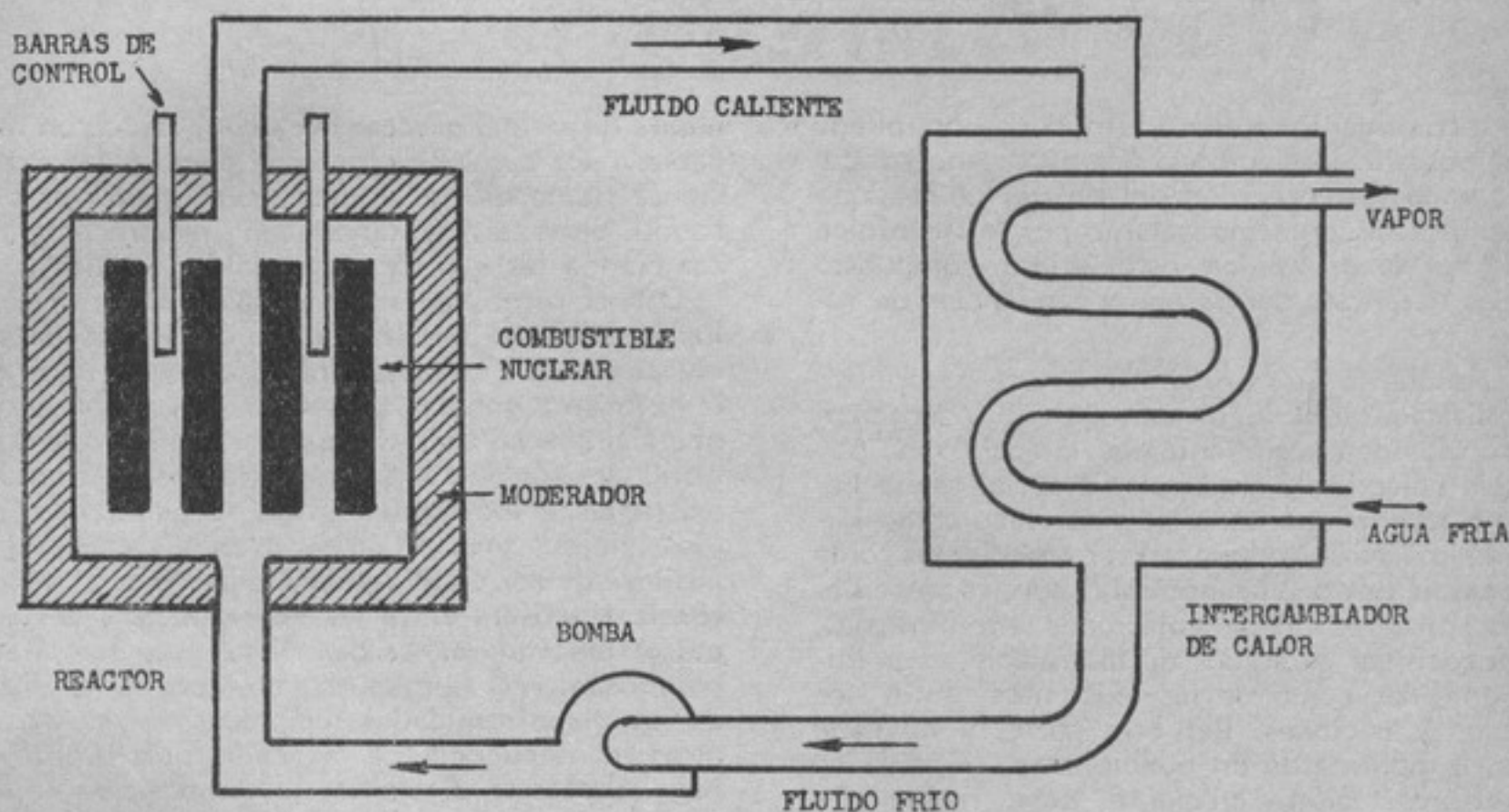
## TIPOS DE REACTOR

En lo que va de esta nota hemos apuntado tan solamente las partes esenciales de un reactor nuclear. Los elementos secundarios y detalles de diseño y cálculo, bien complejos debido al número de parámetros involucrados, no pueden indicarse de manera única pues varían en amplia gama según los distintos tipos del reactor que actualmente se hallan en uso, en construcción o en estudio y proyecto.

Una simple revista de los mismos podría clasificarlos como sigue.

1. Reactores moderados con agua ordinaria. Esta categoría incluye dos variantes según el es-





tado del agua refrigerante: los de agua presurizada (a presión) y los de agua vaporizada. Requieren uranio enriquecido.

2. Reactores moderados con agua pesada. Estos suelen ser refrigerados con la misma agua pesada, con gases o con sodio. Este tipo admite el uranio natural como combustible.

3. Reactores refrigerados con líquidos orgánicos. El líquido orgánico puede ser usado también como moderador.

4. Reactor sodio-grafito. En éstos el grafito es empleado como moderador y el sodio como refrigerante.

5. Reactor refrigerado con gases. Este tipo puede operar con uranio enriquecido o natural como combustible.

6. Reactores criadores (o incubadores) rápidos. El refrigerante suele ser sodio, aunque también ha sido empleada una aleación de sodio y potasio en sistemas experimentales.

Reactores con combustible líquido. Esta categoría incluye reactores incubadores térmicos y emplean como combustible una solución salina de uranio íntimamente mezclada con el moderador, por lo que se les denomina "homogéneos", por oposición a todos los otros que se dicen "heterogéneos".

La tecnología de esta máquina se halla actualmente en plena evolución y el número de los reactores en construcción y ya encargados va en continuo aumento. Damos unas cifras comparativas para ilustrar esta evolución frente a las usinas convencionales. Se refieren estos datos a usinas a terminarse en los tres próximos años en los Estados Unidos de Norteamérica.

	1969	1970	1971
Nº de usinas a combustible fosil ...	20	8	4
con la siguiente potencia en Megaw.	11.691	5.215	2.620
Nº de usinas nucleares .....	3	8	7
con la siguiente potencia en Megaw.	2.238	5.623	5.610

Ricardo J. Cocito J. S.